以光代藥 - 特殊光譜防治荔枝細蛾之創新技術產業化運用

方信秀[1]、郝秀花[2,*]、邱國棟[1]、李文立[3,*]

[1]農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系
[2] 農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系
[3] 農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所
*聯繫人 e-mail: wenlly@tari.gov.tw

荔枝生產以荔枝細蛾(*Conopomorpha sinensis* Bradley)爲最主要的害蟲，只要少量蟲造成大量落果，並大量損害商品價值，主要以化學藥劑進行防治，長期施藥的結果，易使害蟲對藥劑敏感度下降，造成防治效率不佳。多年仔細觀察發現荔枝細蛾對光線相當敏感，篩選特殊波長進行夜間燈照，發現可大幅抑制活動力與產卵量，進而減少果實爲害。此技術已於荔枝產業實際運用，推廣至高雄、屏東、台南、台東、台中、新竹與宜蘭等地，部分地區田間危害率由 60% 降低至 0 - 2%，爲相當高效的防治方法。有助於減少蟲害損失，農藥減半使用、提升消費者食用安全與友善環境，爲相當節能、省工及高效率的防治技術。

關鍵字：荔枝細蛾、燈照防治、農藥減量

引言

荔枝 (Litchi, *Litchi chinensis* Sonn.) 屬無患子科 (Sapindaceae) 的亞熱帶與熱帶常綠果樹。因風味、外觀與豐富的營養成份，爲廣受歡迎的水果之一 (Zhao et al., 2020)。荔枝花芽分化需要低溫刺激 (Chen et al., 2003)，產地分佈於南北迴歸線一帶，以中國、印度、越南、馬達加斯加、台灣、泰國等國家爲主要生產國 (Kashyap et al., 2017, Lora et al., 2018, Dung et al., 2019)。2023 年臺灣荔枝總種植面積爲 9,576 公頃，種植地區集中於臺灣中南部，其中以高雄市 3,057 公頃、臺中市 1,805 公頃及南投縣 1,318 公頃爲主 (農糧署農情報告資源網，https://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp)。



圖 1：荔枝細蛾喜好停留於樹幹下方，爲害果實種子導致嚴重落果。

荔枝細蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 是危害荔枝果實的主要害蟲之一 (圖 1)。成蟲受嫩葉、花與果實的香氣物質所吸引 (Meng et al., 2018)(圖 1)。若不適度防治，荔枝細蛾危害率可達 100%。目前主要減少荔枝細蛾密度的防治方式爲化學藥劑防治 (Hung et al., 2008; Yao et al., 2018)。過去曾開發性費洛蒙誘引方式 (Zhiping, 2014) 或套袋方式 (Wang et al., 2019) 減少荔枝細蛾的危害率，但目前尚未普及運用於荔枝產業。爲了減少農藥使用與減少抗藥性的發生，應適度開發非農藥防治的方式輔助減少害蟲。物理防治方式相當有開發潛力，燈光誘引或是燈光驅避爲值得投入的領域並可導入整合性蟲害管理 (integrated pest management, IPM) 共同防治 (Kim et al., 2019; Shimoda and Honda 2013; Pan et al., 2021; Park and Lee, 2017) (圖 2)。

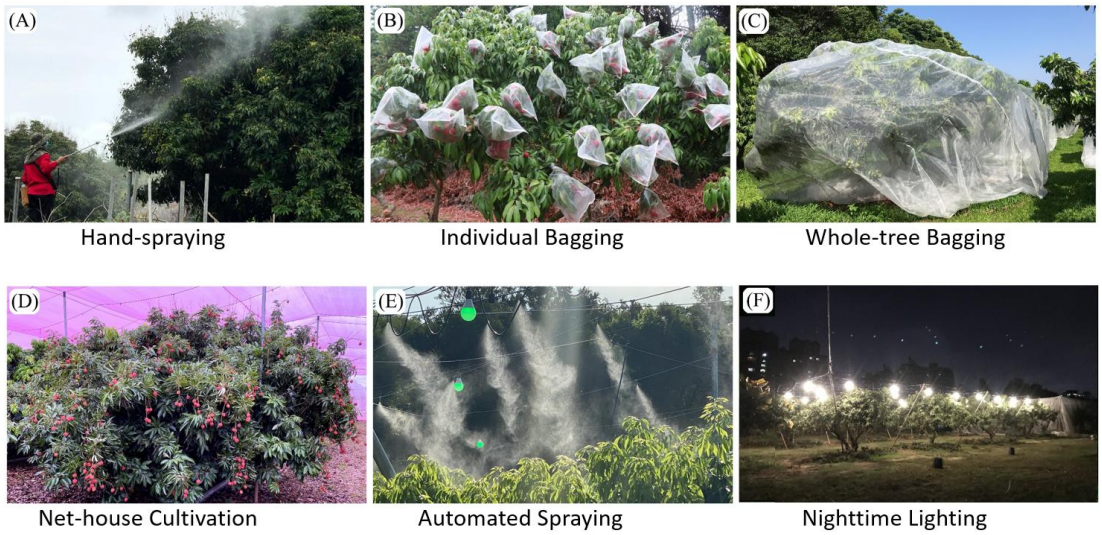


圖 2：農試所鳳山分所持續開發多種方式防治荔枝細蛾

荔枝細蛾夜晚活動力旺盛且繁殖力強

荔枝細蛾主要危害部位爲花與果實。荔枝細蛾卵期只有 3 天，幼蟲期 9 天，蛹期 7 天，成蟲可活 6-15 天，荔枝細蛾繁殖量相當高，平均每雌產卵數約 167 - 235 顆 (洪等。2002)。荔枝細蛾危害果實蒂頭處造成嚴重落果、減少荔枝產量、降低品質與收益損失 (Dong et al., 2015)。只要有少數蟲害發生，就會機會造成嚴重損失。

有關荔枝細蛾對光照環境之研究正開始起步，荔枝細蛾於 24 h 全光照的條件下，產卵前期延長爲 10.67 天，顯著高於其它處理的 2.00 - 4.67 天，單一雌蟲平均產卵量爲 0.47 粒，顯著低於全暗處理 136.33 粒，田間以夜間光照 70 -130 lux 和 2 - 70 lux 的荔枝細蛾平均危害率分別爲 2.91% 和 3.65%，顯著低於慣行用藥處理 25.87% (Wang et al., 2020)。使用 LED 白燈光照強度愈強，則荔枝細蛾活動力愈低，亦會延後數天交配，夜間不同光照強度對成蟲壽命以及卵孵化率無顯著性影響 (Li et al., 2021)。

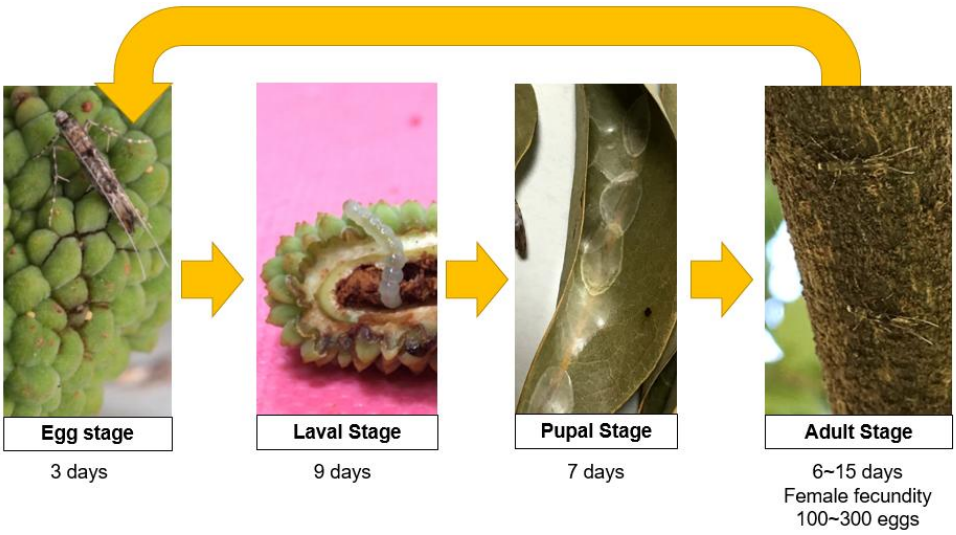


圖 3：荔枝細蛾約 22 天至 25 天即完成 1 個世代的繁殖。

經過 24 小時攝影紀錄荔枝細蛾成蟲活動能力，結果發現荔枝細蛾於白天接近停止

狀態，主要在夜間活動，於半夜的活動力達到最高峰，至天亮時，荔枝細蛾的活動力又漸漸的減少，觀察錄影影片，可發現天亮時，荔枝細蛾仍會活動，但此時應於找尋較陰暗處躲藏。藉著荔枝細蛾夜間活動的特性，如果在夜間進行燈照，有機會因停止活動、交配與進食，減少對荔枝的爲害（圖 4）。

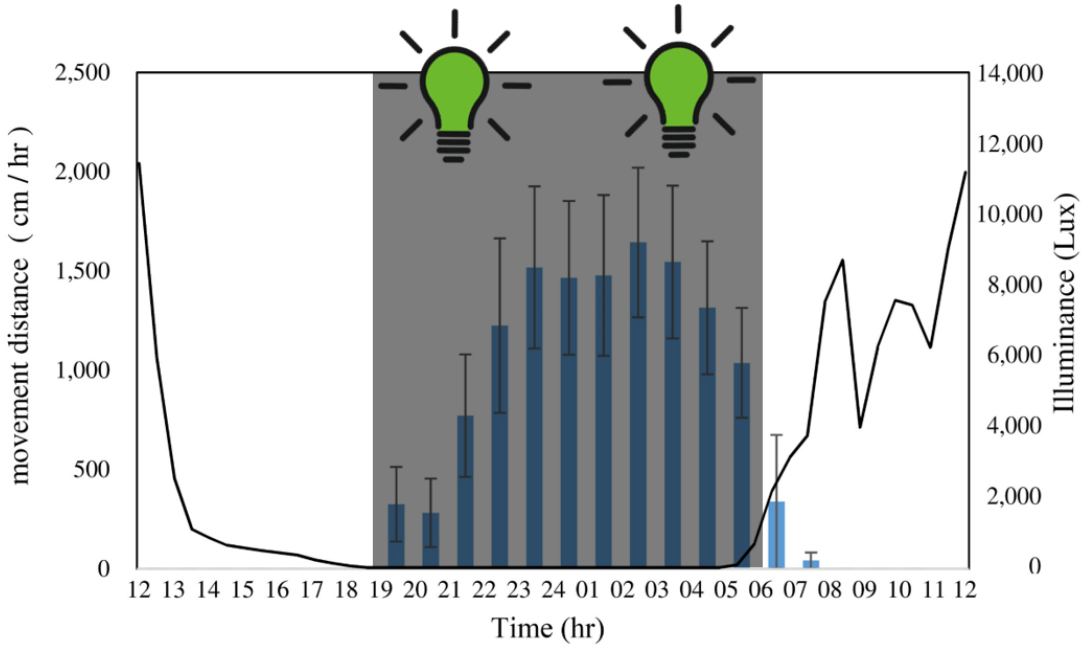


圖 4、荔枝細蛾連續 24 小時的活動距離觀測結果

進一步於田間玉荷包荔枝植株設置紫光、藍光、綠光、黃光、紅光、遠紅光與混合波長 MixW 與 MixY 等 8 種光照環境與套袋處理，觀察果實受荔枝細蛾的危害率。試驗結果顯示，夜間黑暗處理危害率達 72% 顯著較其它處理嚴重。紫光、黃光、紅光與遠紅光的危害率爲 36%、32%、32% 與 38% 次之，而藍光、綠光、混合白光 MixW 和混合黃光 MixY 的危害率爲 10%、6%、16% 與 18% 顯著較低（圖 5），套袋處理的危害率 0% 是危害率最低的處理。

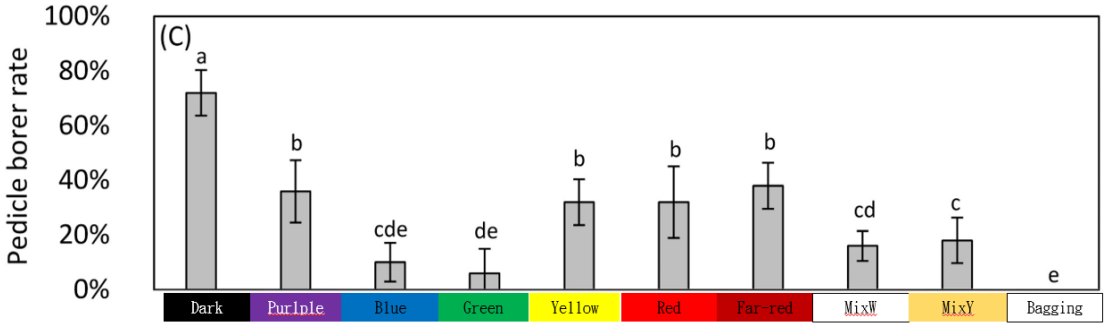


圖 5：玉荷包荔枝夜間進行不同光波長防治試驗之果實危害率調查

荔枝主產地驗證實測具有優良防護效果

於鳳山分所確定藍光、綠光與混合白光波長對防治荔枝細蛾有良好效果後，進一步於高雄大樹、屏東里港和高雄杉林荔枝產區擴大試驗，以觀察大面積夜間燈照防治的效果。於高雄大樹區的試驗結果如圖 6A 顯示，沒有進行藥劑與燈光防治的果實荔枝細蛾危害率爲 61%，而果實生長期進行 8 次藥劑防治的危害率爲 1%，只有進行夜間綠光照射

的危害率爲 2%。可見夜間燈照的防治效果與藥劑防治接近，成效良好。屏東里港試區爲慣行施藥荔枝園，夜間燈照試驗結果如圖 6B 所示，夜間燈照藍光、綠光與混合白光的爲害率於 0-2% 間，無燈照對照組爲 36%，夜間燈照大幅減少荔枝細蛾爲害。連續 2 年未使用任何化學藥劑的杉林試區（圖 6C），無燈照對照組於採收時因已全數受荔枝細蛾爲害，無果實可調查，而藍光、綠光與混合白光的爲害率介於 4 到 10% 之間。

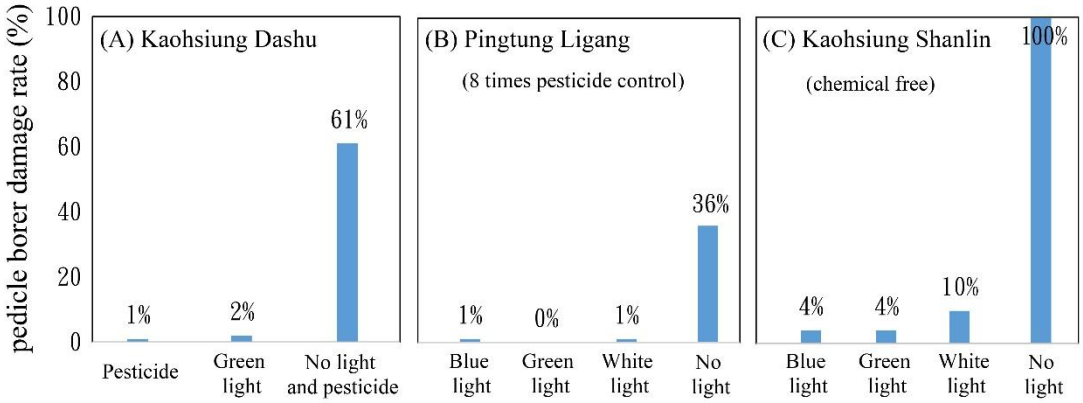


圖 6：111 年 3 個荔枝產區的夜間燈照試驗荔枝細蛾爲害率。(A)高雄大樹區、(B)屏東里港鄉、(C)高雄杉林區。

屏東里港試區於採收期調查黑暗與綠光的果實數量。試驗結果顯示，綠光環境平均每穗荔枝果實數量大幅較黑暗高，無光環境因爲危害率高，造成嚴重落果，可見若適當導入綠光夜間燈照輔助防治荔枝細蛾，有助於大幅減少果實危害損失，有助於增加農民收益（圖 7）。

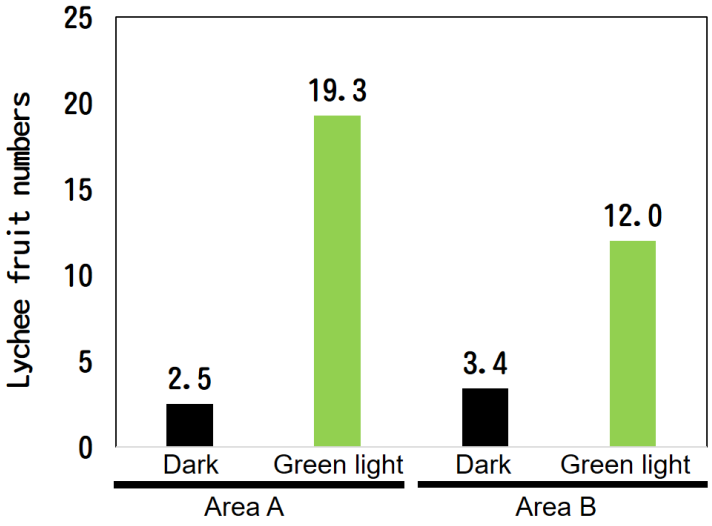


圖 7：屏東里港試區採收期黑暗對照區與綠燈區之果實數量比較

夜間綠光燈照有助於大幅減少農藥使用

由於夜間燈照荔枝細蛾可大幅減少荔枝細蛾的活動，用藥量即可大幅減少，荔枝慣行栽培普遍於著果後每 7 天施用一次殺蟲藥進行荔枝細蛾防治，於採收前 7-10 天停止用藥，約施用 6-10 次的藥劑。使用夜間燈照輔助荔枝細蛾防治可拉長施藥間隔，約施用 2-4 次的藥劑即可達到相當良好的防治效率。

高雄大樹區蔣姓農民於開花期即開始進行夜間燈照，不影響開花著果，且可在荔枝

細蛾密度增加之前，即開始燈照抑制荔枝細蛾族群密度，由於開花著果後仍有荔枝椿象與尺蠖等害蟲爲害，於著果初期使用兩次藥劑進行田中害蟲密度控制，之後完全沒有施用殺蟲藥劑至採收，採收時進行藥劑殘留檢驗已達到農藥零檢出。除了大幅減少 7 成的農藥使用，消費者食用安全大幅提升（圖 8）。

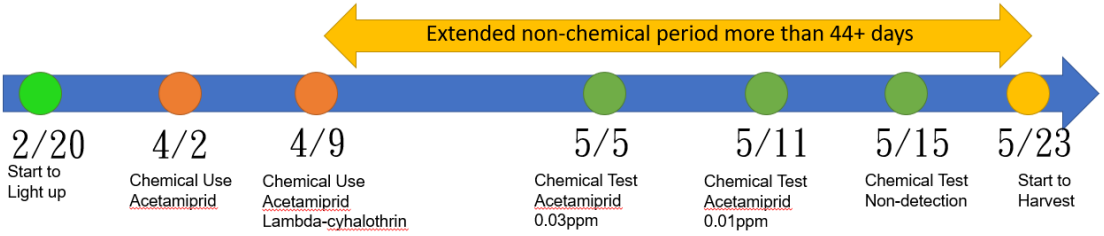


圖 8：使用夜間綠光燈照防治荔枝細蛾之用藥與農藥殘留分析歷程表

綠光較白光可保持良好荔枝品質且不易吸引其它昆蟲

雖然藍光、綠光以及混合白光對荔枝細蛾都有良好的抑制效果，進一步分析果實重量，綠光、遠紅光與混合黃光處理的平均果實重量分別爲 29.8 g、29.1 g 與 29.1 g，顯著高於混合白光、紫光、藍光、黃光和紅光處理的果實平均重量 26.6、21.1、23.4、23.0、23.0 g。可溶性固型物含量亦以夜間綠光可溶性固型物含量平均爲 19.3 °Brix，顯著高於夜間藍光與混合白光的 17.5°Brix 與 17.8°Brix （Fang et al., 2023 ）。只有綠光處理完全不會影響果實的品質，比白光與藍光有較高的果實重量與可溶性固型性，爲夜間燈照防治荔枝細蛾的最佳選擇。

爲了解不同波長燈照於荔枝產地吸引其它非目標昆蟲的情形，於高雄杉林試區夜間進行藍光、綠光、紅光 與混合白光燈照誘引疣胸琉璃蟻與其它昆蟲試驗。試驗結果顯示，4 種不同波長光線皆沒有吸引到荔枝細蛾，藍光與混合白光 MixW 對疣胸琉璃蟻與部分小型昆蟲有很強的吸引力，每個藍光與混合白光 MixW 黏蟲板於 3 個夜晚總共捕捉超過 1,100 隻昆蟲，相較之下綠光對疣胸琉璃蟻與部分小型昆蟲的吸引力約 600 隻，而紅光與無光對照組對昆蟲的吸引力較其它處理低（圖 9）。

結語

使用燈照進行荔枝細蛾防治的效果相當好，但同時需要兼顧減少對生態環境的干擾，亦要避免吸引其它昆蟲。高雄杉林與部分產區有疣胸琉璃蟻的族群，每年 7 到 10 月爲婚飛期，大量琉璃蟻受路燈或居家照明吸引，對田間工作與居家生活造成嚴重困擾，目前大多使用藍、白燈誘殺或於戶外佈設餌劑減少族群密度（Huang, 2018; Chen et al., 2020）。本試驗篩選在荔枝生產使用的綠光，對荔枝細蛾有良好的防治效果，又不會影響荔枝果實品質，在疣胸琉璃蟻與其它蟲害的吸引力也較藍光或白光少（圖 9），應用在荔枝生產上，可減少對生產與環境的影響。

此套夜間燈照技術目前已建立基本架設方式供農民參考，本試驗使用燈距 4 m 與行距 6 m 的條件防治效果良好，燈具架設位置最好於株與株之間，可以減少荔枝果實成熟下垂時之燈照死角。夜間燈照防治技術經多年開發、驗證，爲實際可行的防治技術，已吸引荔枝栽培農民導入生產使用，架設方式亦持續精進改良。相較化學藥劑對果園環境昆蟲全面撲殺，綠光燈照防治爲相當友善環境的防治方式（圖 10）。目前本燈照技術已推度至全台荔枝產區，包括高雄、屏東、台東、新竹、台中，已超過 30 個農地使用，持續

有農民表達使用意願，推廣面積持續增加中（圖 11）。夜間燈照技術爲簡易可行又高效的防治方式。可提升農民、消費者安全，增加內外銷農藥殘留合格率，有助於創造品牌價值與友善環境目標，爲具有發展潛力的創新技術，目前已著手於宜蘭縣三星鄉進一步針對青蔥的主要害蟲甜菜夜蛾（*Spodoptera exigua*）進行夜間燈照防治研究，結果顯示可有效抑制甜菜夜蛾活動力，有潛力成爲燈照防蟲技術擴散的新興領域。

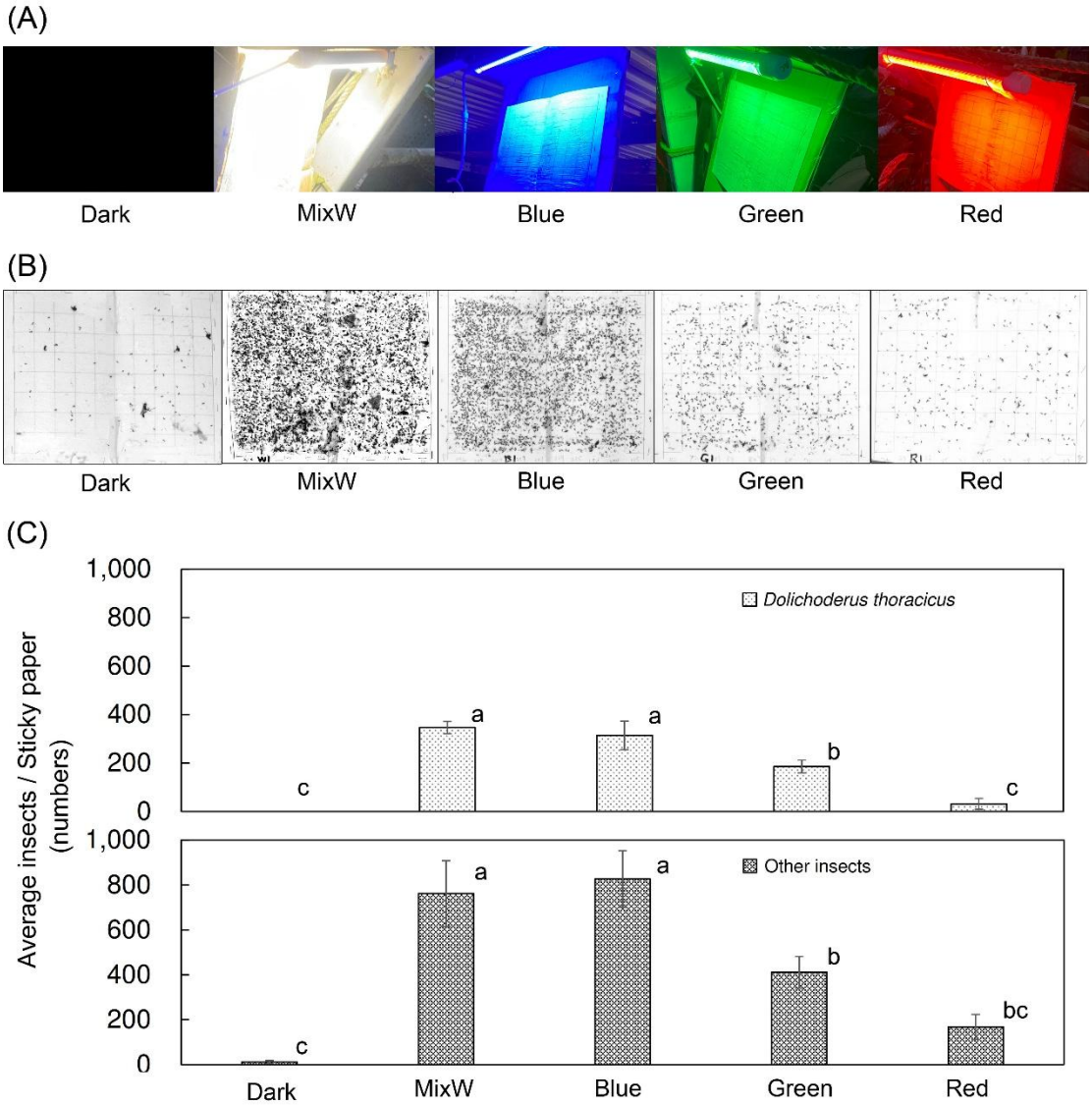


圖 9、夜間不同波長 LED 燈照誘引疣胸琉璃蟻與其它昆蟲數量統計。 (A) 不同波長光源黏蟲板設置情形； (B) 不同波長光源黏蟲板誘引昆蟲情形； (C) 不同波長光源處理白色黏蟲板平均誘引昆蟲數量 (n =3)。



圖 10、夜間燈照針對目標害蟲進行精準防治，較全面施藥殺蟲相對友善



圖 11、夜間燈照防治特定害蟲之全台燈照推廣現況

參考文獻

洪巧珍、江碧媛、黃振聲 2002。荔枝細蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 之飼育技術及其羽化與交尾行爲。植物保護學會會刊 44(2): 89-99。https://doi.org/10.6715/PPB.200206_44(2).0003。

Chen, H. B., & Huang, H. B. 2003. Low temperature requirements for floral induction in lychee. pp. 195-202. In Chomchalow N., & Sukhvibul N. (Eds.). II International Symposium on Lychee, Longan, Rambutan and other Sapindaceae Plants.

Chen, Y.F., Hsu, F.C., & Lin, C.C. (2020). Effects of elevations and vegetation types on the ground-dwelling ant community structures. *Experimental Forest of National Taiwan University Bulletin* 34 (1): 1-14.

Dong, Y., Xu, S., Chen, B., Yao, Q., & Chen, G., 2015. Determination of larval instars and developmental duration of each stage at different temperatures of the litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae). Acta Entomologica Sinica 58: 1108-1115. https://doi.org/CNKI:SUN:KCXB.0.2015-10-009.

Dung, N. V., Nghi, D. Q., Hung, N. Q. and Huy, N. Q. 2020. Current production and development trends of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) in Vietnam in the coming future. Acta Horticulturae 1293: 7-14. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1293.2.

Fang, H. H., Lee, W. L., Chiu, K. T., Ma, H. Y., Yang, S. H., Hung, C. Y., Chen H. L., Tung, C. W., & Tsai, Y. C. 2023. Irradiation with green light at night has great effects on the management of *Conopomorpha sinensis* and maintains favorable litchi fruit quality. Scientia Horticulturae 312: 111830.

Hung, S. C., Ho, K. Y., & Chen, C. C. 2008. Investigation of fruit damages of litchi caused by *Conopomorpha sinensis* Bradley and *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Chiayi. Journal of Taiwan Agricultural Research 57: 143-152. https://doi.org/10.6156/JTAR/2008.05702.06.

Huang, J. Y. (2018). Special lecture: Preventive strategy for harmful ant species. *Nature Conservation Quarterly* 103: 86-87.

Kashyap, A. S., & Thakur, N. 2017. Problems and Prospects of Lychee Cultivation in India. In Kumar, M., Kumar, V., Bhalla-Sarin, N., & Varma, A. (Eds.) Lychee Disease Management. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4247-8_9.

Kim, K. N., Huang, Q. Y., & Lei, C. L. 2019. Advances in insect phototaxis and application to pest management: A review. Pest Management Science 75(12): 3135-3143.

Li, W. J., Quan, L. F., Dong, Y. Z., Yao, Q., Xu, S., & Chen, B. X., 2021. Study on the effects of white LEDs on reproduction of *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae) and its field application. Journal of fruit science 38: 1349-1358.

Lora, J., Pham, V. T., & Hormaza, J. I. 2018. Genetics and breeding of fruit crops in the sapindaceae family: Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) and longan (*Dimocarpus longan* Lour.). In Jameel, A., Shri, M. J., & Dennis V. J. (Eds.) Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits: Volume 3, 953-973.

Meng, X., Hu, J., Li, Y., Dai, J., Guo, M., & Ouyang, G. 2018. The preference choices of *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracilariidae) for litchi based on its host surface characteristics and volatiles. Scientific Reports 8(1): 2013. https://doi.org/10.1038/s41598-018-20383-4.

Pan, H., Liang, G., & Lu, Y. 2021. Response of different insect groups to various wavelengths of light under field conditions. Insects 12: 427. https://doi.org/10.3390/insects12050427.

Park, J.H., & Lee, H.S., 2017. Phototactic behavioral response of agricultural insects and stored-product insects to light-emitting diodes (LEDs). Applied Biological Chemistry 60: 137-144. https://doi.org/10.1007/s13765-017-0263-2.

Shimoda, M., & Honda, K. I. 2013. Insect reactions to light and its applications to pest management. Applied Entomology and Zoology 48: 413-421.

Wang, F. Y., Li, L. F., Wei, Q.X., Gu, Y. L., Huang, C., Liao, R. Z., & Liao, S. C. 2020. Effects of different light environments on oviposition of *Conopomorpha sinensis* and its control efficacy in field. South African Journal of Agricultural Science 51: 313-318.

Wang, T. C., Chang, J. W., & Chang, J. Y. 2019. Assessment of bagging protection at different timings and mesh sizes for controlling litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley) on Litchi 'Tainung No. 1'. J. Agric. Res. 68, 40-46.

Yao, Q., Xu, S., Dong, Y., Que, Y., Quan, L., & Chen, B. 2018. Characterization of vitellogenin and vitellogenin receptor of *Conopomorpha sinensis* Bradley and their responses to sublethal concentrations of insecticide. Frontiers in Physiology 9: 1250. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01250.

Zhao, L., Wang, K., Wang, K., Zhu, J., & Hu, Z. 2020. Nutrient components, health benefits, and safety of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.): A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19(4), 2139-2163. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12590.

Zhiping, L. 2014. Preliminary study on the trapping effect of sex pheromone in *Conopomorpha sinensis* Bradley. Beijing Agriculture 12: 11-12.

Light as Medicine: Industrial Application of Innovative Special Spectrum Technology for Litchi Fruit Borer *(Conopomorpha sinensis Bradley)* Control

Hsin-Hsiu Fang[1], Hsiu-Hwa Hao[2], Kuo-Dung Chiou[1] and Wen-Li Lee[2,*]

[1] Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture
[2] Department of plant protection and utilization, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture
[3] Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture
* Correspondence: wenlly@tari.gov.tw

Abstract

The litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley) is the most critical pest in litchi production; even small populations can cause significant fruit drop and severely diminish market value. While chemical control is the traditional standard, long-term reliance on pesticides has led to reduced pest sensitivity and declining efficacy. Recent research involving meticulous behavioral observation revealed that the litchi fruit borer is highly sensitive to specific light spectra. By deploying screened wavelengths for nocturnal lighting, this technology significantly suppresses pest activity and oviposition, thereby minimizing fruit damage. Currently, this method has been successfully industrialized and implemented across major production regions including Kaohsiung, Pingtung, Tainan, Taitung, Taichung, Hsinchu, and Yilan. As a highly efficient, energy-saving, and labor-reducing solution, this innovative technology effectively halves pesticide use, enhances food safety, and fosters environmental sustainability.

Keywords: Litchi, LED, Pesticide reduction, IPM